

Tamara Jadczyszyn

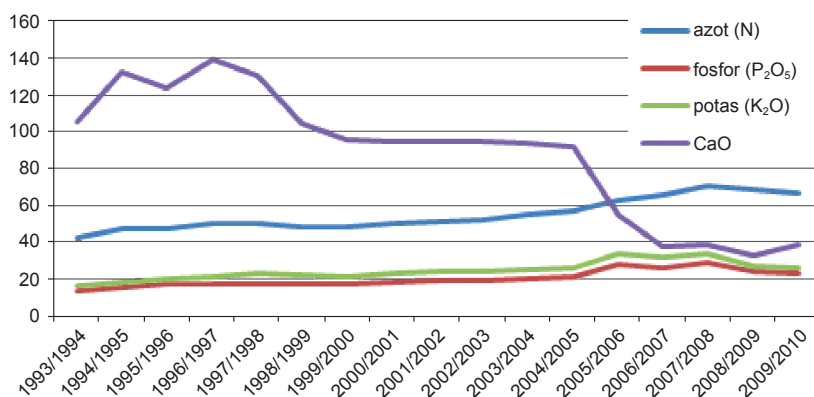
*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

ZRÓWNOWAŻONE GOSPODAROWANIE FOSFOREM I POTASEM W PRODUKCJI ROŚLINNEJ*

Słowa kluczowe: fosfor, potas, nawożenie, zasobność gleb, doradztwo nawozowe

Wstęp

Fosfor i potas są obok azotu są najważniejszymi składnikami plonotwórczymi. Ich rola nie jest doceniana przez producentów rolnych, co potwierdzają znaczne dysproporcje w zużyciu nawozów P i K w stosunku do nawozów azotowych (rys. 1).



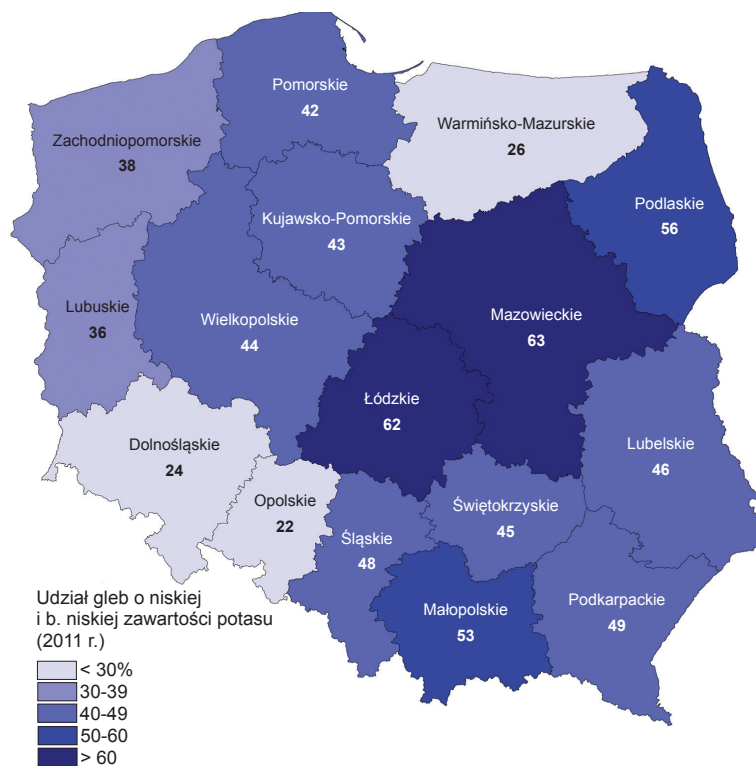
Rys. 1. Zużycie nawozów mineralnych w Polsce (kg·ha⁻¹)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (12)

Wzrost zużycia nawozów fosforowych i potasowych notowany od roku 2000 jest wyraźnie mniejszy niż nawozów azotowych. Wpływa to na dalsze rozszerzenie

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

niekorzystnego stosunku N:P:K, który jest szczególnie negatywny w odniesieniu do potasu z uwagi na duży udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości składnika (rys. 2) oraz niskie i nadal malejące saldo bilansu potasu w Polsce (11).



Rys. 2. Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości potasu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (12)

W systemie zrównoważonej produkcji roślinnej strategia nawożenia fosforem i potasem polega na zabezpieczeniu potrzeb pokarmowych roślin i utrzymaniu zasobności gleby na poziomie średnim. Fosfor i potas wprowadzone do gleby w nawozach i innych środkach użyźniających, jeśli nie zostaną pobrane przez rośliny, wzbogacają zasoby glebowe i mogą być wykorzystane w kolejnych latach przez rośliny następcze (8). Dzięki zdolności sorpcyjnej gleby nadwyżki składników są zabezpieczone przed wymywaniem (1). Mechanizm sorpcji nie jest do końca wyjaśniony, ale najważniejszymi czynnikami decydującymi o sorpcyjnych właściwościach gleb jest zawartość ilu koloidalnego, związków próchnicznych i kationów metali. Gleba jest układem dynamicznym, w którym następują ciągłe przemiany różnych form składników mineralnych. Z upływem czasu część form aktywnych P i K dostarczonych w nawozach może przechodzić w formy silnie związane niedostępne dla roślin. Naj-

większej efektywności nawożenia można oczekiwać w warunkach średniej zasobności gleb w K_2O , gdy nawozy stosowane są w dawkach odpowiadających potrzebom pokarmowym roślin uprawnych.

Potrzeby pokarmowe roślin i potrzeby nawożenia

System doradztwa nawozowego opracowany w IUNG-PIB i szeroko upowszechniony w praktyce opiera się na koncepcji zrównoważonego gospodarowania, którego celem jest uzyskanie wysokich plonów o dobrej jakości, ale także zwiększanie i zachowanie wysokiego poziomu żyzności gleb. Ważnymi agrochemicznymi wskaźnikami żyzności gleb jest ich zasobność w fosfor i potas. Ze względów środowiskowych (ryzyko przemieszczania składników do wód powierzchniowych i podziemnych) i produkcyjnych (immobilizacja do form niedostępnych dla roślin lub rozpraszanie poza zasięg systemu korzeniowego) akumulacja fosforu i potasu w glebie powyżej zawartości średniej nie jest korzystna. Dlatego celem doradztwa w zakresie nawożenia fosforem i potasem jest zabezpieczenie potrzeb pokarmowych roślin i utrzymanie zawartości składników w glebie na poziomie średnim. O dostępności składników pokarmowych dla roślin w dużym stopniu decyduje odczyn gleby. Dlatego warunkiem racjonalnej gospodarki fosforem i potasem jest regulacja odczynu. Jest to podstawowy element doradztwa nawozowego, który omówiono w innym opracowaniu.

Potrzeby pokarmowe roślin oznaczają ilość składników pobieranych przez rośliny dla wytworzenia określonego plonu. Ilość tę można obliczyć na podstawie przewidywanego plonu oraz tzw. pobrania składników na jednostkę plonu (produktu głównego i ubocznego) danego gatunku rośliny uprawnej. Pobranie składników pokarmowych określono na podstawie wyników analiz chemicznych materiału roślinnego z pól produkcyjnych i doświadczalnych.

W tabeli 1 przedstawiono pobranie poszczególnych składników na wyprodukowanie jednostki produktu głównego i ubocznego oraz pobranie całkowite wyznaczone z uwzględnieniem stosunku plonu głównego i ubocznego poszczególnych gatunków roślin.

Potrzeby pokarmowe roślin na danym polu oblicza się, mnożąc przewidywany plon przez pobranie składnika według tabeli 1. Badania przeprowadzone w IUNG-PIB wskazują (10), że polscy rolnicy często stosują nawożenie w sposób schematyczny nieuwzględniający realnych możliwości plonowania roślin na ich polach. Skutkiem stosowania jednolitych dawek nawozów niezależnie od poziomu plonów w długim okresie czasu są znaczne nadwyżki składników. Realistyczna ocena możliwości plonowania w warunkach gospodarstwa jest zatem ważnym elementem efektywnego stosowania nawozów.

Tabela 1

Pobranie składników mineralnych z plonami roślin uprawnych (kg·dt⁻¹)

Roślina	Plon główny			Plon uboczny			Stosunek plon główny: uboczny	Plon główny i uboczny		
	azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)	azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)		azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)
Zboża										
Pszennica ozima	1,89	0,82	0,52	0,52	0,18	1,20	0,90	2,37	0,99	1,51
Pszennica jara	2,10	0,87	0,55	0,55	0,18	1,28	0,90	2,51	1,03	1,63
Jęczmień ozimy	1,74	0,80	0,58	0,50	0,21	1,39	0,80	2,23	0,99	1,87
Jęczmień jary	1,63	0,80	0,58	0,55	0,23	1,44	0,80	2,10	0,96	1,64
Żyto	1,57	0,78	0,58	0,55	0,21	1,42	1,10	2,16	1,01	2,16
Pszonżyto	1,79	0,82	0,55	0,59	0,23	1,45	1,00	2,41	1,08	2,11
Owies	1,61	0,80	0,56	0,59	0,27	1,88	1,10	2,22	1,08	2,19
Kukurydza	1,55	0,78	0,55	1,29	0,46	2,24	1,00	2,84	1,24	2,79
Mieszanki zbożowe	1,65	0,87	0,61	0,61	0,30	1,63	0,90	2,20	1,15	2,08
Gryka	2,05	0,76	0,78	1,06	0,66	2,30	2,00	4,17	2,08	5,39
Strączkowe										
Bobik	3,98	1,24	1,36	1,34	0,32	2,06	0,90	5,42	1,60	3,64
Grochy	3,43	0,96	1,29	1,68	0,41	2,11	1,00	4,86	1,35	3,24
Łubiny	5,50	1,58	1,55	1,20	0,37	1,85	1,00	6,70	1,95	3,39
Soja	5,40	1,65	2,24	1,00	0,30	1,14	1,00	6,80	1,95	3,38
Mieszanki zbożowo-strączkowe	2,54	0,92	0,95	1,14	0,34	1,87	1,00	3,53	1,24	2,65
Oleiste i przemysłowe										
Rzepak – nasiona	3,36	1,56	1,04	0,69	0,34	2,04	1,50	4,45	2,19	3,99
Len oleisty – nasiona	3,36	1,51	1,00	0,53	0,32	1,44	1,50	4,03	2,02	3,16
Gorzyczka – nasiona	5,00	1,76	0,92	0,70	0,39	2,50	1,50	4,95	2,47	5,32
Słonecznik – nasiona	2,80	1,60	2,39	1,50	0,89	4,98	1,80	6,05	2,34	4,67

cd. tab. 1

Roślina	Plon główny			Plon uboczny			Stosunek plon główny: uboczny	Plon główny i uboczny		
	azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)	azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)		azot (N)	fosfor (P ₂ O ₃)	potas (K ₂ O)
Korzeniowe										
Wczesny ziemniak	0,30	0,12	0,53	0,21	0,05	0,36	0,20	0,33	1,15	0,58
Ziemniak późny	0,31	0,12	0,58	0,26	0,07	0,41	0,20	0,39	0,14	0,66
Burak cukrowy	0,17	0,09	0,23	0,36	0,09	0,66	0,70	0,40	0,16	0,65
Burak pastewny	0,18	0,09	0,34	0,33	0,09	0,62	0,40	0,33	0,14	0,62
Inne korzeniowe	0,18	0,09	0,25	0,35	0,08	0,73	0,40	0,32	0,12	0,54
Pastewne										
Kukurydza na zielonkę	0,37	0,14	0,46	-	-	-	-	0,37	0,14	0,46
Koniczyna na zielonkę	0,51	1,15	0,53	-	-	-	-	0,51	1,15	0,53
Lucerna na zielonkę	0,61	0,14	0,56	-	-	-	-	0,61	0,14	0,56
Koniczyna z trawami (z.m.)	0,48	0,12	0,56	-	-	-	-	0,48	0,12	0,56
Lucerna z trawami (z.m.)	0,52	0,16	0,59	-	-	-	-	0,52	0,16	0,59
Strączkowo/zbożowe (z.m.)	0,48	0,16	0,65	-	-	-	-	0,48	0,16	0,65
Trawy (z.m.)	0,51	0,14	0,59	-	-	-	-	0,51	0,14	0,59
Owies (z.m.)	0,40	0,14	0,55	-	-	-	-	0,40	0,14	0,55
Żyto (z.m.)	0,41	0,14	0,53	-	-	-	-	0,41	0,14	0,53
Ślonecznik (z.m.)	0,42	0,16	0,52	-	-	-	-	0,42	0,16	0,52
Kapusta pastewna (z.m.)	0,42	0,12	0,60	-	-	-	-	0,42	0,12	0,60
Inne nie motylkowe (z.m.)	0,40	0,14	0,47	-	-	-	-	0,40	0,14	0,47
Inne motylkowe (z.m.)	0,48	0,14	0,47	-	-	-	-	0,48	0,14	0,47
Rzepak (z.m.)	0,45	0,14	0,58	-	-	-	-	0,45	0,14	0,58
Seradela (z.m.)	0,45	0,14	0,47	-	-	-	-	0,45	0,14	0,47

Źródło: Fotyma i in., 2001 (4)

Potrzeby pokarmowe roślin są podstawą do określenia potrzeb nawożenia, a w dalszym etapie – dawek nawozów fosforowych i potasowych. Potrzeby nawożenia są wynikiem modyfikacji potrzeb pokarmowych z uwzględnieniem zawartości składników pokarmowych w glebie. Z przeprowadzonych w IUNG w latach 80. XX w. badań (2, 3) wynika, że określone nadwyżki bilansowe składników będące różnicą pomiędzy wnoszeniem w nawozach i wynoszeniem w produktach roślinnych powodują wzrost zasobności gleby. Nadwyżki składników kumulowane w glebie mogą być wykorzystane przez rośliny następcze (9). Ujemna różnica bilansowa przyczynia się do obniżenia zawartości P i K w glebie. Dla potrzeb doradztwa nawozowego sposób wyznaczania nadwyżki bilansowej został uproszczony w stosunku do pierwotnej koncepcji zaproponowanej przez F o t y m ę i G o s k a (2, 3). Nadwyżkę bilansową wyznacza się przy pomocy współczynnika korekcyjnego, którego wartość wynosi 0,75 lub 0,50 odpowiednio dla gleb o bardzo wysokiej i wysokiej zawartości składników, a dla gleb o zawartości niskiej i bardzo niskiej – odpowiednio 1,25 i 1,50. W praktyce oznacza to, że potrzeby nawożenia są o 25% większe od potrzeb pokarmowych roślin na glebach o niskiej zawartości składnika i o 25% mniejsze na glebach o zawartości wysokiej (7). Dla przykładu potrzeby nawożenia pszenicy ozimej przy założonym plonie $60 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ na glebie o niskiej zawartości fosforu i wysokiej zawartości potasu wynoszą:

Fosfor: $60 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 0,985 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{dt}^{-1} \times 1,25 = 74 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{dt}^{-1}$

Potas: $60 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 1,51 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{dt}^{-1} \times 0,75 = 68 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{dt}^{-1}$

Na glebach o zawartości średniej fosforu i potasu współczynnik korekcyjny wynosi 1, a to oznacza, że potrzeby nawożenia są równe potrzebom pokarmowym roślin. Wartości współczynników korekcyjnych wskazują na duży wpływ zawartości fosforu i potasu w glebie na potrzeby nawożenia, dlatego rozpoznanie stanu agrochemicznego pól jest warunkiem zrównoważonego gospodarowania składnikami. W Polsce stosowany jest 5-stopniowy system oceny zasobności gleb (tab. 2 i 3), a usługi analityczne świadczą zarówno laboratoria okręgowych stacji chemiczno-rolniczych i inne prywatne laboratoria agrochemiczne. Ocena zasobności gleb jest także narzędziem kontroli poprawności stosowanego w gospodarstwie systemu nawożenia i powinna być wykonywana w odstępach 4–6-letnich. Stwarza wówczas możliwość obserwacji trendów zmian zasobności gleby oraz wprowadzenia odpowiednich korekt w przypadku, gdy zawartość któregoś składnika niebezpiecznie obniża się lub wchodzi w zakres zawartości bardzo wysokiej.

Rozpoznanie stanu agrochemicznego gleby ma znaczenie nie tylko dla celów planowania nawożenia, lecz jest także najprostszym wskaźnikiem ryzyka, jakie dla środowiska przyrodniczego może stanowić produkcja rolnicza, a raczej jej niezrównoważony sposób prowadzenia. Uświadczenie rolnikom owego ryzyka ma szczególne znaczenie w odniesieniu do fosforu, bowiem analizy wskazują, że niezależnie od znacznego udziału gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości tego składnika, aktualnie w Polsce występuje ok. 40% gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej (rys. 3), na których nawożenie fosforem wymaga ograniczenia i szczególnej staranno-

ści. Na glebach o zawartości fosforu przekraczającej $40 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ nie zaleca się stosowania nawozów fosforowych mineralnych ani innych substancji użyźniających zawierających ten składnik.

Tabela 2

Ocena zawartości fosforu oznaczonego metoda Egnera-Riehma ($\text{mg P}_2\text{O}_5$ w 100 g gleby) w glebach mineralnych i węglanowych

Gleby	Zawartość w glebie				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Mineralne	do 5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	od 20,1
Węglanowe	do 5,0	5,1-10,0	10,1-20,0	20,1-40,0	od 40,1

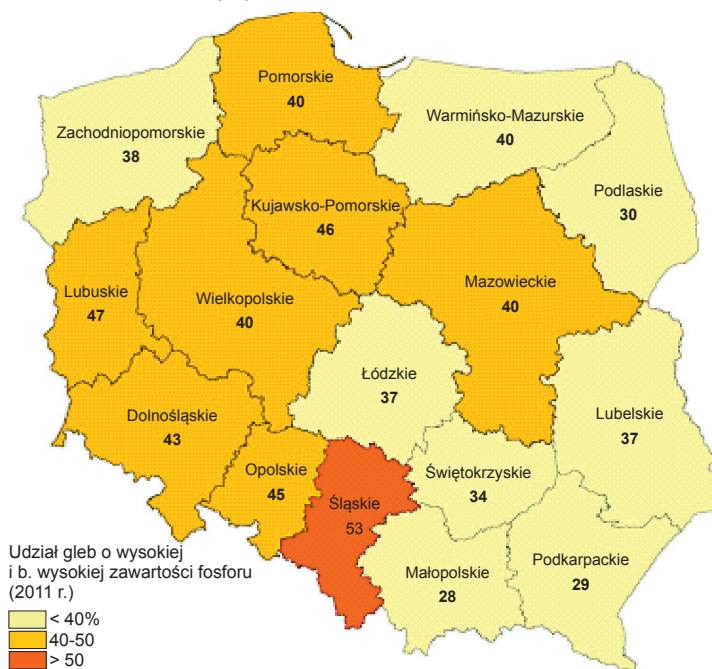
Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (13)

Tabela 3

Ocena zawartości potasu oznaczonego metodą Egnera-Riehma ($\text{mg K}_2\text{O}$ w 100 g gleby) w glebach mineralnych

Kategoria agronomiczna gleby	Zawartość w glebie				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Bardzo lekkie	do 2,5	2,6-7,5	7,6-12,5	12,6-17,5	od 17,6
Lekkie	do 5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	od 20,1
Średnie	do 7,5	7,6-12,5	12,6-20,0	20,1-25,0	od 25,1
Ciężkie	do 10,0	10,1-15,0	15,1-25,0	25,1-30,0	od 30,1

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (13)



Rys. 3. Udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości przyswajalnego fosforu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (12)

Wyznaczanie dawek nawozów fosforowych i potasowych

Dopływ do gleby składników ze źródeł zewnętrznych powinien równoważyć potrzeby nawożenia na danym polu. Źródłami składników mogą być nawozy mineralne i organiczne (w tym naturalne), a także przyorywane produkty uboczne roślin uprawnych.

W przypadku stosowania nawozów organicznych pochodzących z zakupu ilość wnoszonych składników pokarmowych określa się na podstawie informacji producenta o składzie chemicznym nawozu.

Najtrudniejszym elementem w planowaniu nawożenia jest określenie ilości składników z nawozów naturalnych. Dopływ składników z tego źródła można określić precyzyjnie na podstawie wyników analiz składu chemicznego nawozów. Ponieważ jednak są one wykonywane rzadko, praktycznie w tym celu wykorzystuje się standardowe zawartości fosforu i potasu w nawozach naturalnych (tab. 4). Podstawowym kryterium rozdysponowania nawozów naturalnych na poszczególne pola w gospodarstwie jest zawartość azotu. Dla potrzeb bilansowania fosforu i potasu ilości składników z tego źródła określa się na podstawie dawki nawozu (wyznaczonej ze względu na azot) oraz stężenia P i K w danym nawozie.

Tabela 4

Zawartość składników mineralnych w nawozach naturalnych

Rodzaj nawozu	Zawartość w masie nawozu (%)		
	azot (N)	fosfor (P_2O_5)	potas (K_2O)
Gnojowica bydlęca gęsta	0,36	0,20	0,40
Gnojowica bydlęca średnia	0,25	0,12	0,30
Gnojowica bydlęca rzadka	0,19	0,05	0,20
Gnojowica świńska gęsta	0,44	0,30	0,30
Gnojowica świńska średnia	0,35	0,20	0,30
Gnojowica świńska rzadka	0,25	0,10	0,20
Gnojówka bydlęca dobra	0,45	0,00	0,70
Gnojówka bydlęca średnia	0,30	0,00	0,50
Gnojówka bydlęca słaba	0,10	-	0,20
Gnojówka świńska dobra	0,35	0,00	0,30
Gnojówka świńska średnia	0,30	0,00	0,20
Gnojówka świńska słaba	0,06	-	0,15
Obornik bydlęcy	0,45	0,28	0,50
Obornik koński	0,58	0,28	0,50
Obornik mieszany	0,50	0,30	0,50
Obornik owczy	0,45	0,30	0,70
Obornik świński	0,45	0,30	0,60

Źródło: dane IUNG

Zawartość składników w nawozach naturalnych można także oszacować według modelu SFOM (6) opracowanego i oprogramowanego w IUNG-PIB. Model ten jest elementem systemu doradztwa nawozowego NawSald (8), a także niezależnym kalkulatorem nawozów naturalnych (5).

Ilość fosforu i potasu w przyoranych produktach ubocznych można obliczyć na podstawie uzyskanego plonu i pobrania składników na jednostkę plonu ubocznego według tabeli 1.

Dawkę nawozów fosforowych i potasowych mineralnych wyznacza się jako różnicę pomiędzy potrzebami nawożenia oraz dopływem składników w produktach ubocznych oraz nawozach organicznych, w tym naturalnych według następującego wzoru ogólnego:

$$\text{Dawka} = \text{plon} \times \text{pobranie jednostkowe} \times \text{współczynnik korekcyjny} - \text{plon uboczny} \times \text{pobranie jednostkowe} - \text{dawka nawozu naturalnego/organicznego} \times \text{zawartość składnika}$$

Podsumowanie

Poprawne gospodarowanie fosforem i potasem ma ogromne znaczenie plonotwórcze i środowiskowe. Najważniejszymi elementami gospodarki tymi składnikami są potrzeby nawożenia roślin i zasobność gleb oraz dopływ fosforu i potasu z nawozów organicznych i mineralnych. Zrównoważone nawożenie wymaga precyzyjnego oszacowania wszystkich wymienionych elementów, co nie dla wszystkich rolników jest zadaniem łatwym. W celu wsparcia działań związanych z planowaniem nawożenia w opracowaniu przedstawiono odpowiednie wskaźniki, które mogą być wykorzystane w procesie planowania nawożenia oraz przygotowane do tego celu narzędzia, takie jak kalkulatory dostępne on-line na stronie internetowej IUNG-PIB oraz program doradztwa nawozowego NawSald.

Piśmiennictwo

1. Brogowski Z., Kwasowski W.: Sorpcja fosforanów przez część mineralną i organiczną gleby. *Rocz. Glebozn.* 2009, **LX(1)**: 12-21.
2. Fotyma M., Gosek S.: Elementy bilansu fosforu jako podstawa nawożenia tym składnikiem. *Rocz. Glebozn.* 1986, **XXXVII(1)**: 175-190.
3. Fotyma M., Gosek S.: Elementy bilansu potasu jako podstawa nawożenia tym składnikiem. *Rocz. Glebozn.* 1986, **XXXVII(1)**: 191-202.
4. Fotyma M., Jadczyżsyn T., Pietruch C.: A decision Support System for sustainable nutrient management on farm level: MACROBIL. *Nawozy i Nawożenie – Fertilizer and Fertilization*, 2001, **2(7)**: 7-26.
5. <http://iung.pulawy.pl/naturalne/nawozynaturalne.php>

6. Jadczyszyn T., Maćkowiak C., Kopiński J.: Model SFOM narzędziem symulacji ilości i jakości nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie. *Pam. Puł.*, 2000, **120/1**: 169-175.
 7. Jadczyszyn T.: Sporządzanie planu nawożenia z uwzględnieniem wyników badań gleby. *Raporty PIB*, Puławy, 2006, **1**: 37-43.
 8. Jadczyszyn T.: Planowanie nawożenia w gospodarstwie z wykorzystaniem programu NawSald. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 2009, **16**: 9-18.
 9. Kęsik K., Fotyma M.: Działanie następce nawozów fosforowych. *IUNG Puławy*, 1991, Seria S (**74**), ss. 57.
 10. Kęsik K., Zarychta M.: Zalecenia i praktyka w nawożeniu. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, **34(8)**: 173-191.
 11. Kopiński J., Ochala P.: Gospodarowanie potasem w warunkach zróżnicowanej zasobności gleb. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, **34(8)**: 75-90.
 12. Ochrona środowiska 2012. GUS Warszawa 2012, ss. 546.
 13. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Puławy 1990, Seria P (**44**): 26.
-

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyszyn
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (81) 886 34 21 w. 298
e-mail: tj@iung.pulawy.pl